

УДК 544.669

**Я.А. КАЛИМОН**, докт. техн. наук, **О.І. БІЛАНЬ**, аспірант,  
**О.І. КУНТИЙ**, канд. хім. наук, НУ "Львівська політехніка"

## СПИВОСАДЖЕННЯ ІМПУЛЬСНИМ СТРУМОМ КАДМІЮ ТА ТЕЛУРУ В ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДНИХ РОЗЧИНАХ

Досліджено сумісне електровідновлення кадмію та телуру в 0,5 М  $\text{CdCl}_2$  + (0,01...0,1) М  $\text{TeCl}_4$  диметилсульфоксидних розчинах за 20...60 °С. Показано, що за потенціалів до -2,5 В в режимі імпульсного струму формуються плівкові покриття. Тривалістю імпульсу та паузи й співвідношення між ними регулюється вміст компонентів системи Cd-Te і розмір частинок осаду.

The electrochemical cosedimentation of cadmium and tellurium in 0,5 М  $\text{CdCl}_2$  + (0,01...0,1) М  $\text{TeCl}_4$  dimethylsulfoxide solutions at 20...60 °С was investigated. Thin films forming by pulse plating technique at potentials up to -2.5 V was shown. Components content in Cd-Te system and sediment parts dimensions controlling by pulses and pauses duration and they correlation.

**Вступ.** Освоєння джерел нетрадиційної енергії спричинило активні дослідження у області одержання полікристалічних напівпровідникових плівок. Типовим представником цього класу сполук є кадмію телурид, перевагою якого оптимальна ширина забороненої зони [1].

Метою цієї роботи є дослідження електрохімічного співосадження кадмію та телуру в диметилсульфоксидних (DMSO) розчинах у режимі імпульсного струму. Вона є продовженням досліджень електрохімії напівпровідників у середовищі апротонних розчинників [2, 3].

**Експериментальна частина.** Дослідження проводили у розчинах 0,5 М  $\text{CdCl}_2$  + (0,01...0,1) М  $\text{TeCl}_4$  в DMSO за температур 20...60 °С.  $\text{CdCl}_2$ ,  $\text{TeCl}_4$ , DMSO та ізопропанол брали марки "хч". Електродні процеси вивчали на потенціостаті IPC-Pro зі стандартною триелектродною коміркою, телуровим допоміжним електродом і хлорид-срібним електродом порівняння із швидкістю розгортки 2 мВ/с. Осадження проводили на торець графітового стрижня діаметром 6 мм. Зразки зачищали дрібнозернистим наждаковим папером, полірували оксамитовою тканиною та промивали ізопропанолом.

Тривалість електролізу пропорційна масі покриття товщиною 4 мкм (за ВС = 100 %). Після досліду зразки промивали в DMSO, ізопропанолі і сушили на повітрі за 40 °С. Поверхню осажденного сплаву та кількісний склад досліджували на растровому електронному мікроскопі РЭММА-102-02.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Сумісне осадження кадмію і телуру характеризується багатостадійністю процесу, що підтверджується характером поляризаційних кривих (рис.1). У досліджуваних розчинах за температур 20...60 °С, на усіх кривих можна відзначити головні три ділянки. На ділянці I (0,4...-0,2 В) спостерігаються малі значення густини струму, що можна пояснити заряджанням подвійного електричного шару. Ділянка II (-0,2...-1,2 В), відповідає осадженню телуру [2]. Для ділянки III (-1,2...-2 В), характерне переважно лінійне зростання струму, що спричинене електровідновленням кадмію [3].

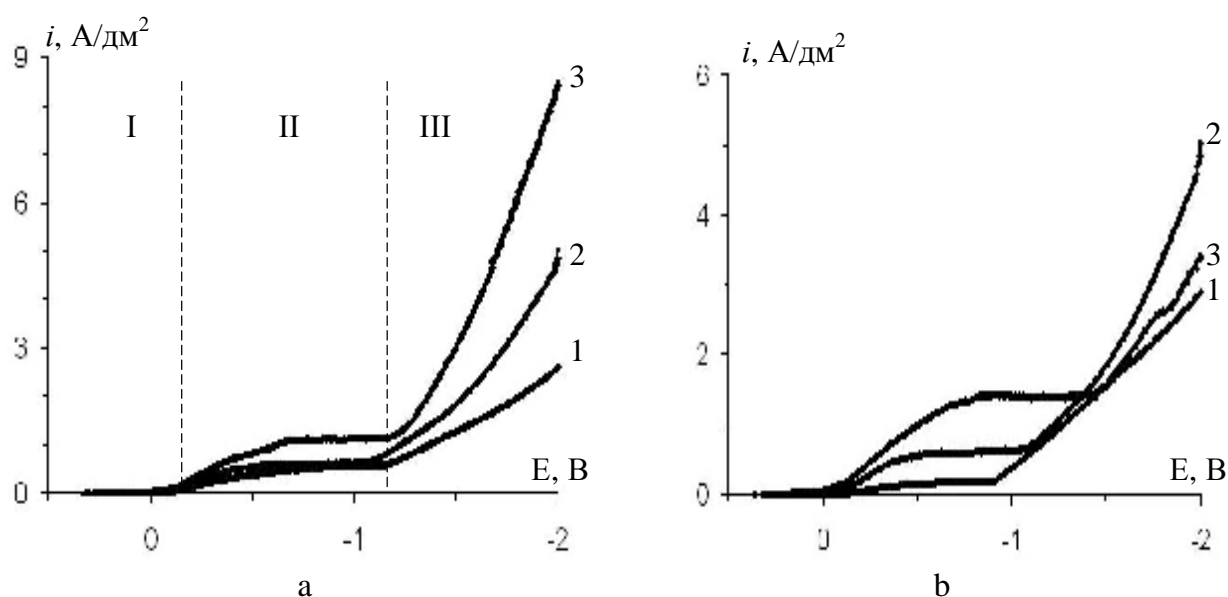


Рис. 1. Катодні поляризаційні криві у 0,5 М  $\text{CdCl}_2$  + n М  $\text{TeCl}_4$  в DMSO:  
а) n = 0,05 за t (°С): 1 – 20; 2 – 40; 3 – 60; б) 40 °С за n: 1 – 0,01; 2 – 0,05; 3 – 0,1

Підвищення температури на 10 °С спричиняє зростання катодної густини струму максимально на 50 %. Збільшення концентрації  $\text{TeCl}_4$  проявляє неоднозначний вплив на катодне осадження. За вмісту 0,1 М  $\text{TeCl}_4$  початок ділянки III зсувається на 0,7 В вправо відносно розчину з 0,01 М  $\text{TeCl}_4$ , що є наслідком збільшення густини граничного дифузійного струму.

За стаціонарного режиму електролізу у розчинах з вмістом  $\text{TeCl}_4$  0,1 М вдається отримувати плівки за катодних потенціалів нижче -1,25 В. Однак при цьому не вдається регулювати співвідношення компонентів осаду. Зниження концентрації до 0,05 М  $\text{TeCl}_4$  у розчині спричиняє зменшення вмісту телуру в покритті, але призводить до утворення крайових дефектів і навіть до формування губчастих осадів. Це є результатом прояву концентраційної поляризації.

За імпульсного режиму електролізу утворення плівок спостерігалось у ширшому діапазоні потенціалів ( $-1 \dots -2,5$  В), окрім розчину з концентрацією  $\text{TeCl}_4$  0,01 М. Окрім цього, співвідношення компонентів регулюється тривалістю імпульсів струму ( $\tau_i$ ) та пауз ( $\tau_n$ ). Зростання тривалості імпульсів спричиняє збільшення вмісту кадмію в осаді, а паузи – відповідно телуру. Параметрами імпульсного струму досягається вміст кадмію в покриттях Cd-Te до 33 % ат. Змінюється також морфологія осадів і розміри зерен (рис. 2). Із зменшенням тривалості імпульсу та збільшенням співвідношення  $\tau_i/\tau_n$  спостерігається тенденція до формування дрібнокристалічних покриттів з розмірами структурних складових 0,5...3 мкм.

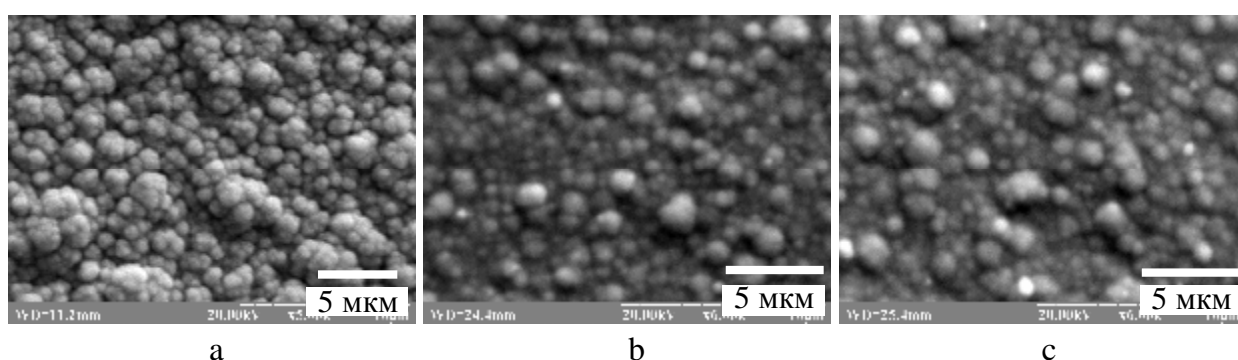


Рис. 2. Морфологія катодного осаду ( $40^\circ\text{C}$ , 0,5 М  $\text{CdCl}_2$ ) за електролізу в імпульсному режимі (тривалість імпульсу та паузи у с):

а – 1,5 В,  $\tau_i/\tau_n = 2/5$  (0,05 М  $\text{TeCl}_4$ );    б – 2 В,  $\tau_i/\tau_n = 0,2/0,2$  (0,1 М  $\text{TeCl}_4$ );  
 с – 2,5 В,  $\tau_i/\tau_n = 0,2/0,2$  (0,1 М  $\text{TeCl}_4$ )

**Висновки.** Імпульсний режим струму у розчинах 0,5 М  $\text{CdCl}_2$  + (0,01...0,1) М  $\text{TeCl}_4$  в DMSO за температур  $20 \dots 60^\circ\text{C}$  дає змогу отримувати плівкові покриття системи Cd-Te і впливати на їх кількісний склад. За стаціонарного режиму електролізу щільні плівки утворюються тільки до потенціалів  $-1,25$  В і з низьким вмістом кадмію. Співосадження імпульсним струмом дає змогу отримувати плівки за потенціалів до  $-2,5$  В з розміром зерен 0,5...3 мкм.

**Список літератури:** 1. Є.В. Кузьмінський, Г.Я. Колбасов, Я.Ю. Тевтуль, Н.Б. Голуб. Нетрадиційні електрохімічні системи перетворення енергії. – К.: Академперіодика, 2002. – 182 с. 2. Кунтый О.И., Охремчук Е.В., Яворский В.Т. Электрохимическое осаждение теллура из растворов  $\text{TeCl}_4$  в апротонных растворителях. // Журнал прикладной химии. – 2007. – Т. 80, Вып. 8. – С. 1287 – 1290. 3. Orest Kuntiyi, Oleg Bilan, Viktor Yavorskyi and Yevhen Okhremchuk. Cadmium electrochemical reduction in  $\text{CdCl}_2$  solutions in dimethylsulfoxide and morphology of cathode deposit // Chemistry & Chemical Technology. – 2007. – V. 1, № 1. – P. 23 – 26.